

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Hansen, Henning

Instandsetzungskonzept für Schiebetore großer Seeschleusen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102026>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hansen, Henning (2011): Instandsetzungskonzept für Schiebetore großer Seeschleusen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Instandhaltung von Verkehrswasserbauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 60-70.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Instandsetzungskonzept für Schleusentore großer Seeschleusen

Dipl.-Ing. H. Hansen (WSA Wilhelmshaven)

1 Einleitung

Im Rahmen der Umsetzung des genehmigten Entwurfes HU/AU Nr. 398 ist außer dem Bau eines neuen fünften Schleusentores die Grundinstandsetzung der vier alten Schiebetore der Seeschleuse Wilhelmshaven vorgesehen. Nach erfolgreicher Fertigstellung des neuen fünften Schleusentores soll im Jahre 2011 mit der Grundinstandsetzung der vier alten Schleusentore begonnen werden. Die Grundinstandsetzung beinhaltet die vollständige Erneuerung des Maschinenbaus und aller elektrischen Komponenten, die Erneuerung des Korrosionsschutzes sowie die stahlbauliche Ertüchtigung der alten Tore, um der Anforderung der im Entwurf enthaltenen Zielsetzung gerecht zu werden.

Die Seeschleuse Wilhelmshaven sowie der Neue Vorhafen sind Anlagen der Marine und stehen in der Ressortverantwortung des Bundesministeriums für Verteidigung. Die hafenbaulichen Aufgaben, u. a. zur Unterhaltung der Marineanlagen, sind gemäß Artikel 87b des Grundgesetzes der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes übertragen worden. Das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Wilhelmshaven nimmt diese Aufgaben vor Ort wahr. Auch der Betrieb der Seeschleuse wird vom WSA Wilhelmshaven durchgeführt. Die Seeschleuse Wilhelmshaven ist eine Doppelschleuse und verbindet die Jade region mit den inneren Hafenbereichen und dem Ems-Jade-Kanal. Der Wasserstand im Binnenhafen wird über die Seeschleuse geregelt. Folgende Daten charakterisieren eine der größten Doppelschleusen der Welt:



Bild Nr. 1 Lage der Seeschleusen



Bild Nr. 2 Seeschleusen

- Länge zwischen den Schleusentoren:	390 m
- Breite zwischen den Kammerwänden:	60 m
- Breite zwischen den Schwimmfendern	57 m
- Breite der Schleuseninsel:	90 m

- Schleusenkammersohle	NN	-15,65 m
- Kajenhöhe	NN	+ 3,45 m
- Drempel	NN	-13,65 m
- Kammerwandhöhe	NN	19,10 m
- Schleusendeichhöhe	NN	+ 6,85 m
- Deichschutz neues Schleusentor	NN	+ 7,00 m

Die Doppelschleuse in der jetzigen Form wurde in den Jahren 1957 – 64 wieder aufgebaut, zum Teil unter Verwendung der ursprünglichen Bausubstanz aus dem Jahr 1942. Sie verfügt zurzeit über vier in den 60 - er Jahren gebaute selbstschwimmende, untereinander austauschbare Stahlschiebetore mit einer Stützweite von 60 m, einer gesamten Torhöhe von 20 m sowie einer Torbreite von 10 m und einem Torgewicht von ca. 2000 to. Im Jahre 2007 wurde die Anlage zur Realisierung der Grundinstandsetzung der alten Schiebetore durch ein zusätzliches neues Tor mit grundsätzlich gleichen geometrischen Abmessungen, jedoch einem Torgewicht von 3.000 to, ergänzt.

2 Veranlassung für die Gesamtmaßnahme

Im Rahmen der Bauwerksinspektion und der Durchführung planmäßiger Instandsetzungsmaßnahmen ist an den Schleusentoren eine zunehmend steigende Schadensanfälligkeit in Form von Stahlkorrosion, Verschleiß an Maschinenbau – und Stahlbauteilen und Schweißnähten festgestellt worden. Hinzu kommt, dass die Altanstriche mit besonders krebserregenden Kohlenwasserstoffen (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe; PAK) belastet sind. Für eine erste Zustandsbewertung liegt das Gutachten der BAW „Zum Zustand und zur Betriebsfestigkeit der Schiebetore“ [1] vor. Für die notwendigen Maßnahmen zur Instandhaltung der Betriebsfähigkeit der Seeschleuse wurde der Entwurf HU/AU Nr. 398 aufgestellt, der die Grundinstandsetzung der vier alten Tore sowie den Neubau eines fünften Tores beinhaltet.

3 Zielsetzung der Maßnahme

3.1 Teilziel

Teilziel ist der störungsfreie Betrieb der Tore direkt mit dem Wiedereinschwimmen nach dem Abschluss der jeweiligen Grundinstandsetzung.

3.2 Oberziel

Oberziel der Grundinstandsetzung ist es, die vorhandenen Tore in einen dauerhaft sicheren Zustand zu bringen und die Nutzungsdauer um 20 Jahre von 70 Jahren auf mindestens 90 Jahre zu verlängern. Das Ziel gilt als erreicht, wenn der geplante Grundinstandsetzungsrhythmus von 30 Jahren nicht aufgrund eines schlechten Torzustandes verkürzt werden muss. Unter „dauerhaft sicher“ wird hierbei die Aufrechterhaltung des sicheren Betriebes der Schleuse verstanden [16].

4 Feststellung der heutigen Eingangsparameter bei Planung der Grundinstandsetzung der alten Tore (nur Stahlbauliche Ertüchtigung)

Grundlage der jetzigen Planung ist das Ziel, dass alle Schleusentore, sowohl das neue fünfte Schleusentor als auch die instand zusetzenden alten Tore allen zur Zeit bekannten Last- und Betriebsfällen standhalten. Darüber hinaus wird im Rahmen der Planung auch angestrebt, unter Berücksichtigung des neuen Bemessungswasserstandes mittels geeigneter Ansätze die Stauwand-erhöhung der Tore zur ermöglichen, so weit dieses technisch und wirtschaftlich vertretbar ist.

4.1 Wesentliche Lastfälle

Die Obere Deichbehörde hat im Jahre 2010 vorgegeben, dass der Bemessungsrühewasserstand für die Restlebensdauer von 5.90 m ü. NN auf 6.59 m anzuheben ist. Unter Berücksichtigung des Wellenschlags ergibt dies einen abschließenden Bemessungswasserstand von ca. 7.00 m ü. NN. (Bild Nr. 3-5)

Diese nachträgliche Forderung verschärft die Anforderung an die alten Tore im erheblichen Maße, da dies unter Beibehaltung des extremalen niedrigen Bemessungswasserstandes in der Kammer gegenüber den Annahmen der ursprünglichen Statik der alten Tore zu einer Zunahme der wirksamen Wasserstands-differenz um mehr als 30% führen würde.

Darstellung 1 Außergewöhnlichen Lastfallkombinationen

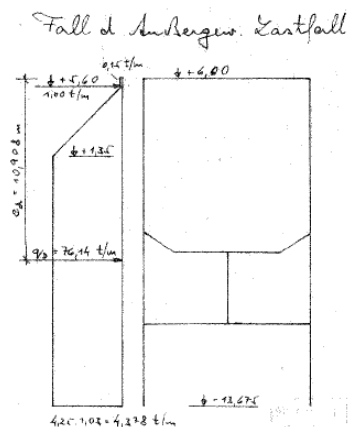


Bild Nr. 3 Extremer Wasserstand
(Ursprüngliche Statik Alte Tore)

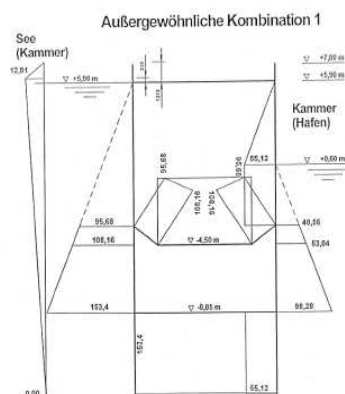


Bild Nr. 4 Extremer Wasserstand
Neues Tor

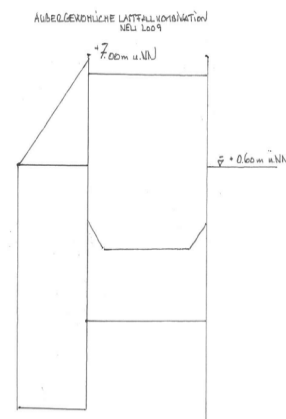


Bild Nr. 5 Extremer Wasserstand
NLWKN 2009 2055 Alle Tore

4.2 Wegfall der örtlichen Dockmöglichkeit zur Durchführung der Maßnahme

Die eigentliche Durchführung der stahlbaulichen Ertüchtigung im Rahmen der Grundinstandsetzung sollte ursprünglich teilweise im Dock 3 des Marinearsenals in Wilhelmshaven stattfinden. Dem WSA wurde für diese Maßnahme zunächst eine Gesamtdockzeit von 9 Monaten zugesichert. Auf Grundlage dieser Zusage plante das WSA in Wilhelmshaven die Grundinstandsetzung ursprünglich in zwei Arbeitsgängen durchzuführen. In den ersten 9 Monaten sollte der Unterwasserbereich instandgesetzt werden. Die Instandsetzung des Torbereiches über Wasser sollte dann

schwimmend im Wasser durchgeführt werden. Aufgrund betriebsinterner Überlegungen des Marinearsenals zur weiteren Auslastung des Schwimmdocks wurde seitens der Marine jedoch entschieden, das Dock für die Instandsetzungen nicht zur Verfügung zu stellen, sondern stattdessen einen Hebeponon bauen zu lassen, der dann auch für die Schleusentore zur Verfügung steht.

Das Schwimmdock stand somit fast uneingeschränkt den Instandsetzungsmaßnahmen an Fregatten zur Verfügung, lediglich das Ein- und Ausdocken der Schleusentore im Hebeponon musste im Schwimmdock erfolgen. 2007 musste das Marinearsenal die weitere Nutzung des Docks 3 auf Anraten des Germanischen Lloyd infolge mangelnder Betriebssicherheit einstellen. Eine Dockung der alten Tore kann daher zurzeit ohne weitere zusätzliche Maßnahmen nicht stattfinden. Vielmehr ist das Schleusentor jetzt aufwendig mittels Schwimmkran nach vorheriger Ertüchtigung in den Hebeponon einzuheben. Der Hebeponon wurde verspätet im Jahre 2010 vom Bundesamt für Wehrtechnik beschafft und dem Marinearsenal übergeben. Das erste alte Schleusentor wurde für den Einhebevorgang ertüchtigt und erfolgreich im Mai 2010 in den Hebeponon eingehoben. Infolge Randbedingungen, die nicht im Einflussbereich des Wasser- und Schifffahrtsamtes Wilhelmshaven liegen, ist der Hebeponon noch nicht für die Durchführung der Grundinstandsetzung freigegeben worden.

5 Veranlassung für das vorliegende Konzept

Infolge der zum Teil noch nicht vorliegenden Nachweise (z. B. Standsicherheitsnachweis) und der noch durchzuführenden Untersuchungen (z. B. genaue Bestandsaufnahme bzw. Schadensaufnahme, Restwanddickenmessung sowie Bestimmung der Schäden infolge mangelnder Ermüdungsfestigkeit) war zum Zeitpunkt der Entwurfsaufstellung vorgesehen, zu prüfen, ob die Ertüchtigung der alten Tore im Bezug auf die Standsicherheit für die geänderte, höhere Beanspruchung überhaupt möglich ist. Die grundsätzliche Machbarkeit wurde im Jahre 2007 bestätigt, ohne jedoch die Auswirkungen der hierfür dann erforderlichen Maßnahmen auf die wesentlichen Toreigenschaften wie Tiefgang, Schwimmstabilität, etc. zu überprüfen. In diesem Zuge wurde die BAW damit beauftragt, die grundsätzliche Machbarkeit und Randbedingungen der Grundinstandsetzung zu überprüfen. Die grundsätzliche Durchführung wurde in dieser Stellungnahme nicht angezweifelt, es wurde jedoch empfohlen, nach Durchführung der Nachrechnung sämtliche erforderlichen Ertüchtigungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Torgewicht und Torkonstruktion (zusätzliche Eigenspannung durch schweißtechnische Eingriffe) zu prüfen.

Fest steht, dass ohne geänderte oder zusätzliche Maßnahmen weder das Teilziel noch das Oberziel der Gesamtmaßnahme erreicht werden kann. Es war daher nachträglich unter Berücksichtigung der Vorgaben der VV - WSV - 2107 ein Konzept zu entwickeln, welches es ermöglicht, die Zielsetzung des ursprünglichen Entwurfes technisch und wirtschaftlich optimiert zu erreichen.

6 Zielsetzung des vorliegenden Konzeptes (Stahlbauliche Ertüchtigung)

1. Teilziel

Erstes Teilziel ist zunächst die Anpassung der Planung an die neuen Anforderungen. Die Planung der stahlbaulich, aus betrieblichen oder aus Gründen der Standsicherheit erforderlichen Ertüchti-

gungen soll hierbei möglichst wenig Einfluss auf die relevanten Toreigenschaften wie Torgewicht, Schwimmtiefe, Schwimmstabilität, etc. haben und somit eine Optimierung der Kosten darstellen.

2. Teilziel

Zweites Teilziel ist die Erstellung einer geprüften Statik, die die Standsicherheit der alten Tore zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Restlebensdauer nachweist.

3. Teilziel

Drittes Teilziel ist das durch das Vier – Augen Prinzip geprüfte Gesamtkonzept, welches bescheinigen soll, dass für die Restlebensdauer der Tore ein sicherer Betrieb durchgeführt werden kann.

7 Konzept zur Realisierung der Zielsetzung und Forderung gemäß Entwurf

(Nur Stahlbauliche Ertüchtigung)

Der vorliegende Bericht ist eine überschlägige Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der dem Entwurf nach geschalteten Voruntersuchung und Variantenbetrachtung aus dem Bereich des Stahlbaus. Bereits zu Beginn der Maßnahme war erkennbar, dass unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen an die Grundinstandsetzung mit herkömmlicher Vorgehensweise die Zielsetzung nicht erreicht werden kann.

Das aufgestellte Konzept enthält daher zum Teil Abweichungen von den Vorgaben und Regelungen aus der gültigen Normung und vom Stand der Technik. Diese Abweichungen sind erforderlich geworden, um das Projekt überhaupt wirtschaftlich und technisch sinnvoll realisieren zu können. Aufgrund der Gesamtheit der getroffenen Maßnahmen wird im Konzept jedoch davon ausgegangen, dass die Abweichungen von einigen Forderungen der Normung begründbar und tolerierbar sind.

Exemplarisch wird nachfolgend aus den fünf Säulen des Konzeptes auf einige der Bausteine eingegangen, die das Prinzip des Konzeptes verdeutlichen:

1. Säule: Reduzierung der Einwirkung

1.1. Baustein „Anheben Kammerwasserstand im Sturmflutfall“

Die Umsetzung der noch aufzustellenden statischen Berechnung über den neuen extremalen Bemessungswasserstandes von ca. 7.00 m bei gleichzeitig wirkenden extremalen Niedrigwasserstand in der Kammer würde zu technisch und wirtschaftlich nicht mehr vertretbaren Auswirkungen auf den Standsicherheitsnachweis und somit auf den Umfang der stahlbaulichen Ertüchtigung führen. Um diesen sehr seltenen Lastfall zu umgehen, wird im Sturmflutfall der Kammerwasserstand auf ein noch genau zu definierendes Maß angehoben. Diese Maßnahme führt nicht nur zu einer Reduzierung des Betrages der Gesamtergebnisse. Sie führt auch noch zu einer positiven Verschiebung der Lage des Lastangriffspunktes. Die Verschiebung des Lastangriffspunktes führt zu einer Verkleinerung der Schubspannungen infolge Torsion für den Lastfall der Sturmflut.

Die bisher durchgeführten internen Berechnungen haben ergeben, dass ein Anheben des Kammerwasserstandes bis etwa 2,60 m ü. NN ausreichend ist, um die Auswirkung zu minimieren. Die genaue Festlegung des endgültigen Kammerwasserstandes erfolgt jedoch nach Abschluss der Nachrechnung unter Berücksichtigung einer gewünschten Optimierung der Toreigenschaften. (Schwimmstabilität, Auftriebssicherheit, etc.). Nach rechnerischer Festlegung wird dieser Kammerwasserstand im Anhang zur VV-WSV 2302 (Dienstanweisung für die Seeschleuse WHV) verankert. [15]

1.2. Baustein „Praktische Reduzierung Lastspielzahl“ (Rotation der Tore, 5. Neues Tor)

Bisher waren die Tore mehr oder weniger fest in zugeordneten Kammern und Öffnungen im Einsatz. Im Normalbetrieb ist aus betrieblichen Gründen die Ostkammer Betriebskammer, die Westkammer dient überwiegend als Liege- und Ausweichkammer. Dies führt dazu, dass in der Vergangenheit die Schleusentore ungleichmäßig belastet wurden. Dementsprechend unterschiedlich ist der Verschleiß an den Toren. Während an den Toren der Ostkammer hauptsächlich Störungen infolge Verschleiß auftreten, treten bei den Toren der Westkammer eher Störungen auf, die darauf zurückzuführen sind, dass die relevanten Bauteile zu wenig bewegt worden sind.

Im Rahmen der durchzuführenden Grundinstandsetzung der Tore wird es erforderlich, die Tore in unterschiedlichen Öffnungen der Schleusenkammern einzusetzen. Durch dieses Rotationsprinzip können in Zukunft beide Phänomene voraussichtlich minimiert werden. Durch die Tatsache, dass ein 5. neues Tor hinzugekommen ist, wird die Beanspruchung der alten Tore darüber hinaus, rechnerisch wie praktisch um 20 % reduziert. Diese Tatsache wird in der Führung des rechnerischen Nachweises der Betriebsfestigkeit dahingehend berücksichtigt, dass für die Restnutzungsdauer der Tore eine um 20 % abgeminderte Lastspielzahl der Betriebsfestigkeit zu Grunde gelegt wird.

1.3. Baustein „Reduzierung auf relevante Lastfälle“

Der vorliegende statische Nachweis für das neue Tor beinhaltet den Lastfall 2b (Extremaler Schleusungswasserstand mit einem Hafenwasserstand 3.45 m ü. NN). Für alten Tore wurde diese Lastfallkonstellation im ursprünglichen statischen Nachweis nicht berücksichtigt.

Da dieser Schleusungswasserstand in der Praxis nie eintreten kann, da der Schleusenbetrieb spätestens bei einem max. Hafenwasserstand von 2,60 m ü. NN eingestellt wird, wird er als Lastfall 2 in dem zu erstellenden neuen statischen Nachweis nicht berücksichtigt. Unabhängig davon werden die möglichen Wasserstanddifferenzen im Lastfall 1 natürlich berücksichtigt

2. Säule: Angepasste Nachrechnung

2.1. Baustein „Berücksichtigung der Reduzierung der Einwirkung“

Die unter Pkt. 1 „Reduzierung der Einwirkung“ genannten praktischen Möglichkeiten werden in der angepassten Nachrechnung mit berücksichtigt.

2.2. Baustein „Einzelne Betrachtung der Lastfälle“

Es wird jeder einzelne Lastfall auf Plausibilität überprüft. Insbesondere im Hinblick auf die Wasserstände und die anzusetzenden Sicherheiten (Kombinationen gemäß DIN 19704, Wahrscheinlichkeiten) ist Einsparungspotential vorhanden, welches ausgenutzt werden soll. Die Sicherheitsbeiwerte gemäß DIN EN 1993 sollen dabei in Absprache mit dem Prüfenieur und der BAW angepasst und reduziert werden. In eine Reduzierung wird zum Beispiel die Inspektionszugänglichkeit einfließen bzw. wird zwischen tragsicherheitsrelevanten und nicht tragsicherheitsrelevanten Bauteilen zu unterscheiden sein.

2.3. Baustein „Nutzung moderner Berechnungsverfahren“

Die alte Statik wurde entsprechend dem damaligen Stand mittels herkömmlicher Stabstatik erstellt. Moderne Berechnungsmöglichkeiten, wie die Berechnung mittels Finiten – Element – Methode konnten damals noch keine Anwendung finden. Erfahrungsgemäß lassen sich durch die Anwendung moderner Berechnungsverfahren, bei denen zum Beispiel auch der Ausfall einzelner Bauteile simuliert wird, erhebliche Einsparungen erzielen, da die mitwirkenden Breiten berücksichtigt werden und somit realitätsnahe Bauteilspannungen berechnet werden. Insbesondere werden Spannungsspitzen bei Querschnittssprüngen, Aussteifungen, Aussparungen usw. realitätsnah rechnerisch erfasst.

2.4. Baustein „Risikobasierter Ansatz zur Bewertung der Robustheit der Schleusentore (Tragwerk – FMEA)“

Im Rahmen der Nachrechnung und der Betrachtung der Restlebensdauer der Schleusentore soll mit Hilfe einer modellbasierten Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse die Robustheit des Tragwerks der Schleusentore beurteilt werden. Die Beurteilung dient als eine Grundlage zur Minimierung der erforderlichen stahlbaulichen Ertüchtigung. Mit Betrachtung von Rissinitiation und Rissfortschreitung werden auch neuere Berechnungsverfahren zur Optimierung der stahlbaulichen Ertüchtigung genutzt.

2.5. Baustein „Betriebsfestigkeitsnachweis“ – Auswertung der Nachweise

Gemäß Erlass W13/14.61.31-5.04/11 BAW 98 ist der Betriebsfestigkeitsnachweis für alle alten Schleusen nachträglich zu führen. Dieser Vorgabe wird unter Berücksichtigung der möglichen und vertretbaren, im Konzept beschriebenen Einschränkungen gefolgt.

Die Auswertung und Umsetzung der Ergebnisse erfolgt unter Berücksichtigung aller Gesichtspunkte, das heißt unter anderem unter Berücksichtigung der überhaupt erzielbaren Verbesse-

rung, den negativen Folgen im Hinblick auf nachträglich eingebrachte Spannungen infolge sämtlicher Trenn- Füge- und Schweißarbeiten, der voraussichtlichen Kosten, etc.

Es ist vorhersehbar, dass es lokal an vielen Stellen durch die Gesamtheit der im Konzept vorgesehenen Maßnahmen technisch sinnvoller und wirtschaftlicher sein wird, auf eine nachträgliche stahlbauliche Ertüchtigung zu verzichten und diese durch eine Verknüpfung der im Konzept genannten weiteren Bausteine zu ersetzen.

3. Säule: Bauwerksinspektion

3.1. Baustein „Reduzierung Teilsicherheitsbeiwerte / Erhöhte Inspektion“

Bei der Nachrechnung der Tore ist es möglich und vorgesehen, die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN EN 1993, T. 9 zu reduzieren, wenn sichergestellt ist, dass keine größeren Schäden eintreten können. Zur Erfüllung dieser Voraussetzung wird ergänzend den turnusmäßigen Bauwerksprüfungen eine intensive, zunächst jährliche Bauwerksinspektion, im Unterwasserbereich mittels Tauchereinsatz, vorgesehen. An vorher genau definierten spannungsrelevanten und gefährdeten Punkten wird eine Inspektion durchgeführt. Beginnende Rissbildungen können so bereits im Ansatz erkannt und beseitigt werden.

Im Zeitraum Oktober bis April ergeben sich infolge der Sturmfluten die größten Beanspruchungen an das Bauwerk. Die Inspektionen werden daher im Jahr so rechtzeitig ausgeführt, dass sie einschl. eventuell erforderlicher Schadensbeseitigungsmaßnahmen vor Beginn der Sturmflutsaison abgeschlossen sind.

3.2. Baustein „Intervallbestimmung durch Berechnungen mit der Rissfortschreibungsmethode (Rissinitierung und Rissfortschreitung)“

Die mögliche Schadensgefahr für das Bauwerk wird maßgeblich vom Zeitpunkt einer Rissinitierung, durch die Rissfortschreibungsgeschwindigkeit und den Einfluss eines möglichen Risses auf das Tragverhalten und auf den Betrieb bestimmt. Durch die Aufstellung der notwendigen Berechnungen mittels Rissfortschreibungsmethode kann der Zeitpunkt einer für das Bauwerk kritischen Schädigung bereits im Voraus ermittelt werden. Hiermit kann auch das zukünftige Inspektionsintervall, zunächst auf ein Jahr festgelegt, genau ermittelt und ggf. angepasst bzw. vergrößert werden.

4. Säule: Personal

4.1. Baustein Personalqualifizierung / Projektabwicklung / Kooperation

Zur Umsetzung des Konzeptes ist die erforderliche Qualifizierung und Erfahrung des eingesetzten Personals von besonderer Bedeutung. Die für das Projekt erforderliche Fachkunde des Personals übersteigt das übliche Maß erheblich.

Insbesondere die Ausführung der Schweißarbeiten unter Wasser während des laufenden Betriebes (Grundlage Rissfortschrittmethode) werden hohe Anforderungen an das Personal stellen, insbesondere hinsichtlich der Planung und Überwachung der Arbeiten.

Neben der Fortbildung des eigenen Personals (z. B. DVS 1173 Beiblatt 6 „Schweißaufsichtspersonen für das Schweißen unter Wasser“) ist zur Sicherstellung des Fachwissens und der Kontinuität in der Projektabwicklung für die Gesamtmaßnahme die langfristige Einschaltung externer Auftragnehmer vorgesehen.

Eine weitere wichtige Komponente ist die langfristige Kooperation aller an der Entwicklung des Konzeptes Beteiligten. Die enge Zusammenarbeit zwischen „WSA Wilhelmshaven – BAW (Ref. B 2) – Prüflingenieur – Ingenieurbüro“ spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

5. Säule: Abweichungen von der Norm

5.1. Baustein „Abweichung von Sicherheiten“

Unter Berücksichtigung der Gesamtheit der bereits angeführten Maßnahmen soll bei der Führung der Nachweise im Rahmen der Nachrechnung örtlich unter Einbindung aller Beteiligten eine Abweichung von den zurzeit gültigen normativen Sicherheiten zugelassen werden. Dies betrifft besonders die extremalen seltenen Lastfälle. Die genaue technisch tolerierbare Abweichung wird abschließend nach der Betrachtung aller Faktoren im Einzelfall festgelegt.

5.2. Baustein „Anzahl der Schleusungen < 10/Tag“

Die DIN 19704 gibt im Anhang A unter A 1.1. eine für den Nachweis der Betriebsfestigkeit fest definierte Mindestanzahl an Schleusungen vor. Diese wurde zumindest in der Vergangenheit jedoch nicht erreicht. Bereits im Rahmen des Entwurfes wurde dem planenden Ingenieurbüro als Vorgabe mitgeteilt, dass etwa 8,9 Schleusungen/Tag durchgeführt wurden. Dieser Wert trifft jedoch in der Regel nur für eine Schleusenkommer zu, in der Regel die Ostkommer. Für die Tore der Westkommer ergibt sich eine andere, sehr viel günstigere Grundlage für den Nachweis der Betriebsfestigkeit. [11,12]

Für jedes Tor soll zur Optimierung des Nachweises im Zuge der Minimierung der erforderlichen Ertüchtigung wegen fehlender Betriebsfestigkeit eine Abschätzung der bisher ertragenen realen Lastspiele erfolgen. Für den Zeitraum der Restlebensdauer (Zukunft) wird im Nachweis der Betriebsfestigkeit berücksichtigt, dass:

- a. Einünftes neues Tor die Lastspiele reduzieren wird
- b. Die Tore in Zukunft nach dem Rotationsprinzip getauscht werden

In der Summe wird sich demnach eine mittlere Lastspielzahl ergeben, die unterhalb von 10 Schleusungen/Tag liegt.

5.3. Baustein „Schweißnahtnachbehandlung

Neuere wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass durch die lokale Schweißnahtnachbehandlung mittels höherfrequenter Hämmerverfahren stellenweise, geeigneten Stahl vorausgesetzt, eine wesentliche Verlängerung der Lebensdauer erreicht werden kann, da die ertragbaren Betriebsfestigkeitsspannungen gesteigert werden. Für eine Stahlsorte der Reihe S 355 sind bereits umfangreiche Versuche durchgeführt worden. Die Aufnahme des Verfahrens in zurzeit gültige Regelwerke ist momentan noch ein laufender Prozess. Das Verfahren fand jedoch bereits bei der Genehmigung eines Brückenbauwerkes in Bayern Anwendung und wird derzeit durch ergänzende Versuche im Auftrag der BAW für einen S235 verifiziert. Die Anwendung des Verfahrens soll im Rahmen der Nachrechnung bei der Führung des Betriebsfestigkeitsnachweises berücksichtigt werden. Die durchgeführten Versuche zur Anwendung des Verfahrens, in die die BAW informativ eingebunden ist, werden in die Nachrechnung mit einfließen. [9] Diese Berücksichtigung stellt eine wesentliche Abweichung von der Normung dar. und bedarf daher der bauaufsichtlichen Zustimmung des BMVBS. Der Antrag für eine Zulassung im Einzelfall für das Projekt wird von der BAW begleitet und unterstützt. Der genaue Umfang der Schweißnahtnachbehandlung wird mit der BAW und dem Prüfenieur abgestimmt.

5.4. Baustein „Dichte Wasser“

Die Dichte des Wassers wird gemäß Vorgabe der DIN 19704 für Seewasser mit $1.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ angegeben. Diese Vorgabe ist jedoch bisher nie im Bereich der Seeschleuse Wilhelms-haven erreicht worden. Als maximale jemals erreichte Dichte ist $1.028 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ aktenkundig. Im Rahmen des Nachweises wird somit eine Dichte von $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ für ausreichend gehalten. Dies entspricht auch der angesetzten Dichte in der ursprünglichen Statik. Im bisherigen praktischen Einsatz der Tore sind aus dem gegenüber der Norm niedrigeren Dichte-Ansatz und der damit verbundenen etwas geringeren Auftriebsgröße keine Nachteile bekannt.

8 Fazit

Unter Berücksichtigung der Gesamtheit der Maßnahmen ist davon auszugehen, dass eine Abweichung von einigen speziellen normativen Regelungen auf der Grundlage der dargestellten Randbedingungen toleriert werden kann und sich daraus keine Einschränkungen hinsichtlich der zu fordernden Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ergeben werden.

Zielsetzung Deichsicherheit

Maßgebend für die Deichsicherheit ist aus stahlbaulicher Sicht der Nachweis der Standsicherheit für den Lastfall der außergewöhnlichen Lastfallkombination (Sturmflutwasserstand AK 1). Die Auswirkung dieses Lastfalls wird durch ein Anheben des Kammerwasserstandes auf ein sinnvolles Maß soweit reduziert, dass sich dieser Lastfall technisch und wirtschaftlich in den Rahmen des genehmigten Entwurfes einpasst.

Zielsetzung Sicherer Betrieb

Maßgebend für den Nachweis des sicheren Betriebs während der gesamten Restlebensdauer wird rechnerisch der Nachweis einer ausreichenden Betriebsfestigkeit sein.

Unter Berücksichtigung der Gesamtheit der dargestellten Maßnahmen ist es jedoch vertretbar, dass an nicht betriebs- oder tragsicherheitsrelevanten Bauteilen lokal die rein rechnerische Betriebsfestigkeit nicht vollständig erreicht wird (Gesamtlebensdauer 90 Jahre). Die Gesamtheit der im vorliegenden Konzept enthaltenen Maßnahmen wird das reale Risiko einer technischen und betrieblichen Auswirkung durch das Fehlen eines solchen rechnerischen Nachweises soweit reduzieren, dass eine wirkliche Störung des Betriebes in stahlbaulicher Hinsicht nie auftreten wird. Die Anzahl und Länge der Risse in den Schweißnähten und die Anzahl weiterer Schäden (z. B. durch Korrosion) in der Stahlkonstruktion wird, unter Einhaltung des Gesamtkonzeptes, nie so umfangreich werden, dass der eintretende Schädigungsgrad die Standsicherheit der Gesamtkonstruktion maßgeblich beeinflusst.

Quellenverzeichnis:

- | | |
|--|------------------|
| [1] Gutachten BAW Nr. 96 12 64 30 | vom 15.01.1998 |
| [2] Stellungnahme BAW | vom 24.10.2005 |
| [3] Stellungnahme WTM Engineers | vom 29.06.2005 |
| [4] Entwurf HU/AU Nr. 398 – Erläuterungsbericht – Auszug Grundinstandsetzung | |
| [5] Entwurf HU/AU Nr. 398 – Ausgabenberechnung | |
| [6] Entwurf HU/AU Nr. 398 – Technische Berechnungen (Auszug) | |
| [7] Entwurf HU/AU Nr. 398 – Mengenberechnungen (Auszug) | |
| [8] Anhang zur VV WSV – 2302 Schleusenbetrieb | |
| [9] Refresh - Abschlussbericht | Stand 22.12.2010 |
| [10] DVS Richtlinie 1801 | Stand 01.06.2010 |
| [11] DIN 19704 Teil 1 | Stand 01.05.2005 |
| [12] DIN 19704 | Stand 1963 |
| [15] Anheben Kammerwasserstand | 23.11.2010 |
| [16] Entwurf HU/AU Nr. 398 Erfolgskontrolle & Zielereichung | |